

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-168547

(43)Date of publication of application : 14.06.2002

(51)Int.Cl.

F25D 9/00  
 F25B 9/14  
 F28D 15/02  
 G06F 1/20  
 H01L 23/427  
 H05K 7/20

(21)Application number : 2000-353292

(71)Applicant : GLOBAL COOLING BV

(22)Date of filing : 20.11.2000

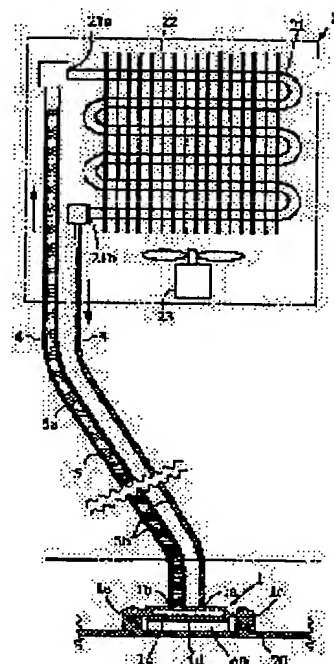
(72)Inventor : DAVID M BERKOWITZ

## (54) CPU COOLING DEVICE USING SIPHON

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a power-saving and low-noise CPU cooling device attaining a high cooling capacity at low costs.

SOLUTION: A hollow vaporizer 1 is disposed on the top face of the CPU 60 in a close contact state, and heat from the CPU is absorbed by the heat of vaporization of a refrigerant 5. The refrigerant vapor 5a moves upwards in a vapor passage 4, flows through an inflow section 21a in the upper part of a condenser 2, and is liquefied by dissipating heat. The liquefied refrigerant 5b moves downwards of the condenser 2 due to the weight of itself, flows out from an outflow section 21b, and moves downwards through a liquid passage 3. In this way, the refrigerant is circulated and repeats absorption of heat in the vaporizer 1 and dissipation of heat in the condenser 2.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-168547

(P2002-168547A)

(43)公開日 平成14年6月14日(2002.6.14)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
F 2 5 D 9/00		F 2 5 D 9/00	E 3 L 0 4 4
F 2 5 B 9/14	5 2 0	F 2 5 B 9/14	5 2 0 Z 5 E 3 2 2
F 2 8 D 15/02	1 0 1	F 2 8 D 15/02	M 5 F 0 3 6
			1 0 1 K
			1 0 1 B

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全7頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-353292(P2000-353292)

(22)出願日 平成12年11月20日(2000.11.20)

(71)出願人 399028023

グローバル クーリング ビー ヴィ

オランダ王国 7201 エイチゼット セツ

トフェン フルンマルクト 26

(72)発明者 デヴィッド エム ベルコウィッツ

アメリカ合衆国 オハイオ州 45701 ア

ーセンス コンGRESS ストリート 138

エヌ

(74)代理人 100065709

弁理士 松田 三夫 (外1名)

Fターム(参考) 3L044 AA04 BA02 CA14 DA01 EA01

EA03 KA04 KA05

5E322 AA01 DB01 DB06 EA11 FA01

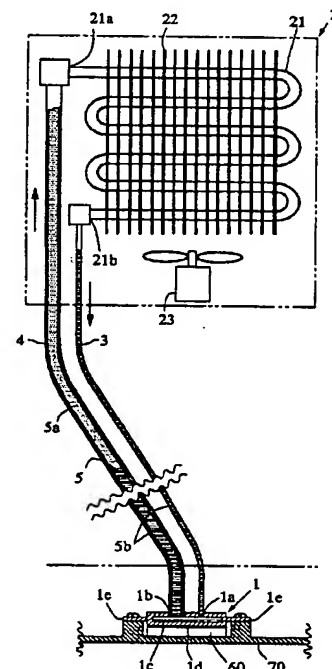
5F036 AA01 BA08 BB41 BB53 BB56

(54)【発明の名称】 熱サイホンによるCPU冷却装置

(57)【要約】

【課題】低コストで省電力並びに低騒音で冷却性能の高いCPUの冷却を可能にする。

【解決手段】CPU60の上面に中空の気化器1を密接させ、CPUからの発熱を冷媒5の蒸発熱で吸収する。冷媒蒸気5aは蒸気流路4を上昇し、凝縮器2の上部の流入部21aから流入し、放熱して液化する。液化冷媒5bは、それ自身の重さにより凝縮器2の下方に移動し、流出部21bから流出して液体流路3を下降する。このようにして冷媒は循環し、気化器1で吸熱し凝縮器2で放熱を繰り返す。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】CPU に密接する気化器とこの気化器の上方に位置する凝縮器とからなり、

上記気化器は、冷媒入口と冷媒出口とを有する中空容器であり、

上記凝縮器は、その上部に位置する冷媒蒸気の流入部とその下部に位置する液化冷媒の流出部とを有し、

上記冷媒入口と上記液化冷媒の流出部とは液体流路で連結しており、

上記冷媒出口と上記冷媒蒸気の流入部とは蒸气流路で連結しており、

上記気化器と上記液体流路と上記蒸气流路とからなる流路内には所定の量の冷媒が密閉しており、

上記冷媒は、上記気化器において CPU から吸熱して蒸発し、上記蒸气流路を上昇して上記凝縮器に流入し、そして、この流入した冷媒の蒸気は、この凝縮器で放熱して液化し、上記蒸气流路を流れ落ちてこの気化器に還流することを特徴とする熱サイホンによる CPU 冷却装置。

【請求項 2】請求項 1 において、前記凝縮器は、前記冷媒蒸気の流入部から前記液化冷媒の流出部に向けて下方に連がる流路とこの流路に連設した放熱フィンとからなることを特徴とする熱サイホンによる CPU 冷却装置。

【請求項 3】請求項 1 又は 2 のいずれかの 1 において、前記液体流路の流路面積が前記蒸气流路の流路面積より小さいことを特徴とする熱サイホンによる CPU 冷却装置。

【請求項 4】請求項 1～3 のいずれかの 1 において、請求項 1 前記液体流路が前記蒸气流路内に設けてあることを特徴とする熱サイホンによる CPU 冷却装置。

【請求項 5】請求項 1～4 のいずれかの 1 において、前記冷媒が加圧して密閉してあることを特徴とする熱サイホンによる CPU 冷却装置。

【請求項 6】請求項 1～5 のいずれかの 1 において、前記凝縮器が前記冷媒蒸気の流入部から液化冷媒の流出部に向けて下方に連がる流路とスターリング冷凍機とからなり、

この流路がこのスターリング冷凍機的一端に設けられた吸熱部に密接するように構成してあることを特徴とする熱サイホンによる CPU 冷却装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、特にデスクトップ型コンピュータに使用される中央演算処理装置（以下「CPU」という。）を冷却する、熱サイホンによる CPU 冷却装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】今日のコンピュータは、急速に小型化、高速化が進んでおり、CPU の回路集積度が急速に進み

CPU の発熱量も増大している。このため、CPU の冷却が極めて重要な課題となっている。従来、いわゆるパーソナルコンピュータに使用されている CPU の冷却は、電動ファンで外気を取り入れ、この気流で CPU を強制冷却していた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このような従来の方法では、回路集積度が急速に増大する CPU に対して次の問題点がある。すなわち、CPU の単位面積当たりの発熱量が増大するため、この発熱量を吸熱するためには、CPU に当てる空気流速を増加するか、あるいは CPU に冷却フィンを取り付け熱伝達面積を増加することが必要になる。しかし、空気流速の増加は、電動ファンの使用電力と騒音との増加や、CPU 周辺の空気通路スペースの増加をもたらす。また、冷却フィンの取り付けは、CPU 周辺に空気通路を含めたスペースを必要とし、コンピュータの小型化の妨げになる。また、CPU に低温の空気を当てる手段もあるが、この手段では、空気を冷却するための冷却装置が必要なり、製造コストや作動電力が増加し大きなスペースも必要になる。

【0004】そこで本発明の目的は、このような問題点を解決すべく、低コストで省電力並びに低騒音で冷却性能の高い熱サイホンによる CPU 冷却装置を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項 1 に記載の熱サイホンによる CPU 冷却装置は、CPU に密接する気化器とこの気化器の上方に位置する凝縮器とからなる。この気化器は、冷媒入口と冷媒出口とを有する中空容器である。一方、凝縮器は、その上部に位置する冷媒蒸気の流入部とその下部に位置する液化冷媒の流出部とを有している。また、冷媒入口と液化冷媒の流出部とは液体流路で連結しており、冷媒出口と冷媒蒸気の流入部とは蒸气流路で連結してある。気化器と液体流路と蒸气流路とからなる流路内には所定の量の冷媒が密閉してある。冷媒は、気化器において CPU から吸熱して蒸発し、蒸气流路を上昇して上記凝縮器に流入し、そして、この流入した冷媒の蒸気は、この凝縮器で放熱して液化し、蒸气流路を流れ落ちてこの気化器に還流することを特徴とする。

【0006】ここで凝縮器とは、冷媒の蒸気が流入する凝縮器の上部に位置する流入部と、液化した冷媒が流出する凝縮器の下部に位置する流出部とを有し、この冷媒蒸気の流入部と液化冷媒の流出部間の流路において冷媒の蒸気が外部に放熱して液化し、下方に流出する構造を有する全ての手段を意味する。また、ここで冷媒とは、本発明の流路内において液相と気相の 2 つの状態で作動し、CPU の許容温度より低い温度において液体から蒸気に蒸発（気化）する特性を有する冷媒の全てを含む。

【0007】このように発明を構成することにより、C

PUからの発熱は、空気より高い熱伝達率を有する液化冷媒に気化器内で吸収され、この吸収熱量は冷媒の蒸発熱に変換される。冷媒蒸気は蒸気流路を上昇して上方に位置する流入部から凝縮器に流入し、凝縮器内で放熱して液化する。この液化冷媒は、凝縮器内で次第に流量を増やしなが重力により下方に位置する液化冷媒の流出部に向かい、この流出部から液体流路を落下して下方に位置する気化器に還流する。

【0008】したがって、CPUに冷却フィン等を設けることなく、発熱を狭いCPUの表面自体から効率的に吸収できる。また、凝縮器をCPUから離れた位置に設置できるので、CPUの周りには、冷却空気の流路スペース等を設ける必要がなく、関連部品との配線の集積度を向上させ、CPU周りの構造の小型化を進めることができる。そして、ポンプ等の外部動力無しで、冷媒をこれらの流路を継続的に循環させることができ、省電力化と低騒音化をより進めることができる。

【0009】なお、このようにして、気化器と凝縮器を蒸気流路と液体流路との2本の流路で連結し、冷媒を循環させる熱サイホンの構成を採用したのは、気化器での吸熱効果と凝縮器での放熱効果とを向上させるためである。すなわち、気化器と凝縮器とを1本の太い流路で連結し、対流によりこの流路を上昇した冷媒蒸気を上方に位置する凝縮器で放熱液化させ、この液化冷媒を重力によって流路を下降させ、下方に位置する気化器に戻す構成とすることもできる。

【0010】しかし、このような構成にすると、上昇する冷媒蒸気は下降する液化冷媒と接触し、相互の熱交換によりCPUからの吸熱が内部循環してしまい、凝縮器に到達する蒸気冷媒が減少し、また気化器に還流する液化冷媒の温度が高くなる。したがって、CPUからの吸熱も凝縮器からの放熱も減少してしまうことになる。一方、流路を蒸気流路と液体流路とに分けると、全ての蒸気冷媒は凝縮器で放熱して液化され、液化した冷媒は気化器内の冷媒温度を低下させてCPUからの吸熱効果を向上させることができる。

【0011】請求項2に記載の熱サイホンによるCPU冷却装置は、請求項1において、凝縮器が冷媒蒸気の流入部から液化冷媒の流出部に向けて下方向に連がる流路と、この流路に連設した放熱フィンとからなることを特徴とする。ここで下方向に連がる流路とは、単に一本の流路に限らず、同一面上で複数回折り返した流路や螺旋状に複数回巻回した形状も含まれる。

【0012】このように発明を構成することにより、小型で低コストの凝縮器を備えた熱サイホンによるCPU冷却装置を提供することができる。

【0013】請求項3に記載の熱サイホンによるCPU冷却装置は、請求項1又は2のいずれかの1において、液体流路の流路面積が蒸気流路の流路面積より小さいことを特徴とする。

【0014】このように発明を構成することにより、冷媒蒸気が液体流路を逆流することを抑制することができるため、冷媒の循環運動を促進してCPUからの吸熱量を増加させることができる。

【0015】請求項4に記載の熱サイホンによるCPU冷却装置は、請求項1～3のいずれかの1における液体流路が前記蒸気流路内に設けてあることを特徴とする。

【0016】このように発明を構成することにより、気化器と凝縮器とを連結する冷媒の流路が1本となるため、流路を配置するスペースを少なくし、流路の取り回しがより容易になる。

【0017】請求項5に記載の熱サイホンによるCPU冷却装置は、請求項1～4のいずれかの1において、冷媒が加圧して密閉してあることを特徴とする。

【0018】このように発明を構成することにより、より狭い流路面積で同じ質量の冷媒蒸気を循環することができるため、流路を配置するスペースを少なくし、流路の取り回しがより容易になる。

【0019】請求項6に記載の熱サイホンによるCPU冷却装置は、請求項1～5のいずれかの1において、凝縮器が冷媒蒸気の流入部から液化冷媒の流出部に向けて下方向に連がる流路とスターリング冷凍機とからなる。そして、この流路がこのスターリング冷凍機的一端に設けられた吸熱部に密接するように構成してあることを特徴とする。

【0020】ここでスターリング冷凍機とは、外燃機関であるスターリングエンジンを、外部から動力を与えて吸熱機能を発揮させる冷凍機としたものをいい、すでに公知技術となっている。このスターリング冷凍機は、小型、軽量、低電力かつ高効率をその特徴とするものである。

【0021】このように発明を構成することにより、より発熱量が大きいCPUの冷却を効率的に冷却することが可能になる。すなわち、CPUの発熱量が大きい場合には、蒸気の熱を放熱する凝縮器の熱伝達面積を増加する必要があるが、一方、この熱伝達面積を確保することがスペース上許されない場合も有る。したがって、かかる場合には、小型、軽量、低電力かつ高効率スターリング冷凍機を使用することによって、凝縮器のスペースを小さく抑えることが可能になる。

【0022】

【発明の実施の形態】図1に、請求項3に記載の熱サイホンによるCPU冷却装置についての1モデルを示す。本装置は、CPU60に密接する気化器1とこの気化器の上方に位置する凝縮器2とからなる。気化器1は、内部に中空部1cを有する中空容器であり、上面壁には冷媒入口1aと冷媒出口1bとが設けてある。気化器1は、熱伝導性の大きいアルミ合金又は銅合金の薄板板金構造からなり、底面がCPU60の上面のほぼ全面に密接するような形状になっている。そして、気化器1は、

両サイドに水平フランジ部 1 e を有し、このフランジ部が基板 70 にネジ止めされている。

【0023】凝縮器 2 は、U 字形状に複数回折り返した水平パイプ 21 と、この水平パイプにハンダ着けた複数の平行な薄板からなる垂直フィン 22 とを備えている。そして、水平パイプ 21 の上部の左端は冷媒蒸気の流入部 21 a に、そして下部の左端は液化冷媒の流出部 21 b になっている。なお、水平パイプ 21 と垂直フィン 22 は、熱伝導性の大きいアルミ合金又は銅合金材で成形してある。また、垂直フィン 22 の下方には電動式のファン 23 を備えており、垂直フィン 22 に外気を送風して放熱効果を向上させている。

【0024】気化器 1 の冷媒入口 1 a と水平パイプ 21 の下部位置にある液化冷媒の流出部 21 b とは、アルミ合金又は銅合金材の細いパイプからなる液体流路 3 で連結してある。また、気化器 1 の冷媒出口 1 b と水平パイプ 21 の上部位置にある冷媒蒸気の流入部 21 a とは、アルミ合金又は銅合金材の液体流路 3 より太いパイプからなる蒸气流路 4 で連結してある。

【0025】気化器 1 と液体流路 3 と蒸气流路 4 とからなる流路内には、冷媒 5 として純水が密閉してある。冷媒 5 の密閉量は、この冷媒の作動温度が最高になる作動条件においても、少なくとも気化器 1 の中空部 1 c に液化冷媒が残留するように調整してある。

【0026】次に、本モデルの作用について説明する。CPU 60 からの発熱は、この CPU に密接した気化器 1 の下面を介して、中空部 1 c 内の液化冷媒 5 b に伝達される。温度が上昇した液化冷媒 5 b は、対流により蒸气流路 4 を上昇するが、温度が蒸発温度に上昇すると、液化冷媒 5 b は蒸発して冷媒蒸気 5 a となる。そして、この蒸発熱により液化冷媒 5 b の温度の上昇を抑え CPU 60 の過熱を防止する。

【0027】高温で比重の軽い冷媒蒸気 5 a の大部分は、直径の大きい蒸气流路 4 を上方に移動し、凝縮器 2 の上部に位置する流入部 21 a から水平パイプ 21 内に進入する。この進入した冷媒蒸気 5 a は、水平パイプ 21 内を通過するうちに、この水平パイプの壁で吸熱され液化冷媒 5 b となる。なお、冷媒蒸気 5 a から吸収した熱は、垂直フィン 22 の表面を流れるファン 23 からの送風に放熱される。液化した液化冷媒 5 b は、重力によって、水平パイプ 21 内を次第に量を増加しながら下方に流れ、この水平パイプの下端に位置する流出部 21 b から液体流路 3 に流れ込み、下方に位置する気化器 1 に還流する。このとき、冷媒蒸気 5 a は、凝縮器 2 内で放熱液化して体積が減少するため、次々に蒸气流路 4 で蒸発する冷媒蒸気 5 a がこの凝縮器に送られる。

【0028】液体流路 3 内の液化冷媒 5 b は、上方から次々に流れ込む冷却された液化冷媒 5 b によって温度が低下し、液体流路 3 の水面からの蒸発を抑制する。そして、この温度の低い液体流路 3 内の液化冷媒 5 b は、上

方からの流入力と対流とにより気化器 1 に還流し、この気化器で CPU 60 からの熱を吸熱しつつ温度が上昇し、対流により蒸气流路 4 内を上昇する。

【0029】このようにして、冷媒 5 は、その比重の変化によって気化器 1、蒸气流路 4、水平パイプ 21 及び液体流路 3 をこの順に巡回し、気化器 1 で CPU 60 の発熱を吸熱し凝縮器 2 で放熱して液化する。すなわち、本装置は、いわゆる熱サイホンとして機能して CPU 60 を冷却する。

10 【0030】図 2 に、請求項 4 に記載した熱サイホンによる CPU 冷却装置の 1 モデルを示す。すなわち、直径の細い液体流路 103 は、直径の太い蒸气流路 104 内に挿入してある。液体流路 103 の上端は、エルボ 103 a を介して蒸气流路 104 の外に導き出されて水平パイプ 121 の流出部 121 b に連結してある。蒸气流路 104 の下端は、気化器 101 の上面壁に開けた冷媒出口 101 b に連結してあり、この蒸气流路の下端面のほぼ中央に液体流路 103 の下端が開口している。そして、蒸発した冷媒蒸気 105 a は、蒸气流路 104 の内側と液体流路 103 の外側の間を上昇し、水平パイプ 121 で液化した液化冷媒 105 b は、液体流路 103 の内側を下降する。

30 【0031】図 3 に、請求項 5 に記載した熱サイホンによる CPU 冷却装置の 1 モデルを示す。凝縮器 202 は、流路 221 とスターリング冷凍機 224 とからなる。流路 221 は、その上部の左端位置に流入部 221 a を、その下部の左端位置に流出部 221 b を有しており、その中間部分は、スターリング冷凍機 224 の上部一端に設けられた吸熱部 224 a に密接して複数回下方向に巻回した巻回部 221 c となっている。冷媒は、液化二酸化炭素を用いている。

【0032】このように発明を構成することにより、蒸气流路 204 を上昇して流入部 221 a から流路 221 に流入した冷媒蒸気 205 a は、巻回部 221 c で熱を吸熱部 224 a に放熱して液化冷媒 205 b になり、重力により下方に移動して流出部 221 b から液体流路 203 に流れ落ちる。

40 【0033】なお、スターリング冷凍機 224 は、円柱形状の吸熱部 224 a と、その下方に連設した本体部 224 b と、これらの間にリング状に設置した放熱部 224 c とから構成される。また、放熱部 224 c と本体部 224 b は、容器 224 d 内に収納してあり、この容器には空気の出穴 224 e と入穴 224 f とが設けられている。本体部 224 b は、リニアモータで駆動するピストンとデスプレサを有し、密閉した圧縮ヘリウムを交互に圧縮膨張させて、吸熱部 224 a から吸熱し、放熱部 224 c から放熱する。そして、放熱部 224 c からの放熱は、容器 224 d の入穴 224 f から導入した空気を出穴 224 e から流出することにより外部に放出する。

【0034】なお、本発明による熱サイホンによる冷却装置に使用する冷媒5、105、205は、水や二酸化炭素に限らず、CPU60の許容温度に応じて、このCPUの許容温度以下で蒸発する冷媒を選択することができる。すなわち、CPU60の発熱は、冷媒5等の蒸発熱により吸収するが、この冷媒の蒸発温度は一定圧力の下では一定に保持される。したがって、CPU60の許容温度が100度Cより高い場合は、100度Cで蒸発する水を密閉して使用してもよいが、CPU60の許容温度が低い場合は、その低い温度以下で蒸発する冷媒、たとえばブタン等を使用する。なお、上述したように冷媒の蒸発温度は一定圧力の下では一定に保持されるため、密閉時の圧力を変えることにより、CPUの許容温度に見合う蒸発温度に変更することができる。

【0035】また、気化器1、101、201、液体流路3、103、203、蒸気流路4、104、204または凝縮器2、102、202の材料は、アルミ合金や銅合金に限らず、ステンレス等の他の金属でも代用可能である。さらに、気化器1、101、201の形状は、CPU60の上面の全体に密接する形状に限らず、このCPUの側面や、CPUに連設したフィンに密接する形状であってもよい。

【0036】さらに、凝縮器2、102、202の水平パイプ21、121あるいは巻回部221cの形状は、上部に位置する流入部21a、121a、221aから、下部に位置する流出部21b、121b、221bへ液化冷媒5b、105b、205bが重力によって移動する形状であれば、他の形状であってもよい。垂直フィン22、122も、所定の放熱面積を有するものであれば他の構造であってもよい。さらに、電動ファン23、123は、所定の放熱面積を有する垂直フィン22、122のスペースが確保できる場合は、省略することもできる。

【0037】

【発明の効果】CPUに密接した気化器を介して、空気より熱伝達性の良い液化冷媒に吸熱させることにより、CPUからの発熱を限られたスペースから効率的に吸収できる。CPUの許容温度以下で冷媒を蒸発させ、この蒸発熱により気化器内の冷媒温度をCPUの許容温度以

下に保つ。凝縮器内で液化する液化冷媒自体の重さにより冷媒を循環させる。したがって、ポンプ等の巡回させるための外部動力を必要とせず省電力化と低騒音化を達成できる。凝縮器に小型、高効率、省電力を特徴とするスターリング冷凍機を用いることにより、CPUの許容温度が低い場合やCPUの発熱量が多くかつ凝縮器のスペースが限られている場合に、CPUを効果的に冷却できる。

【0038】したがって、CPUの発熱量の増加や、CPUの周辺配置構造の密集化が急速に進む今日において、低コストで省電力並びに低騒音で冷却性能の高いCPUの冷却が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】熱サイホンによるCPU冷却装置の概略構成図である。

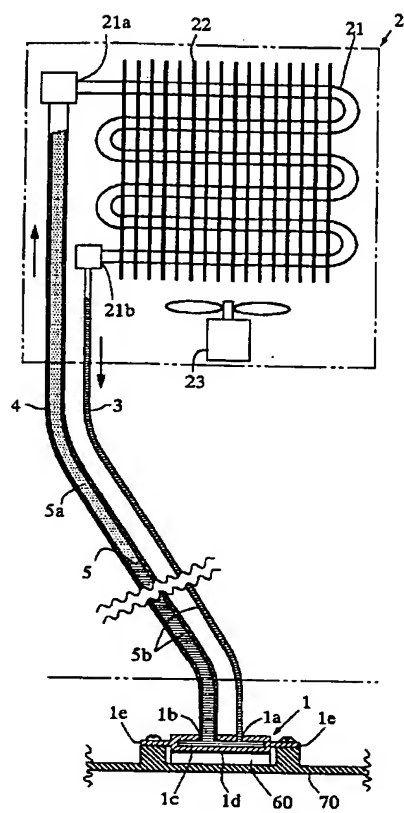
【図2】液体流路を蒸気流路内に配置した場合の、熱サイホンによるCPU冷却装置の概略構成図である。

【図3】凝縮器にスターリング冷凍機を使用した場合の、熱サイホンによるCPU冷却装置の概略構成図である。

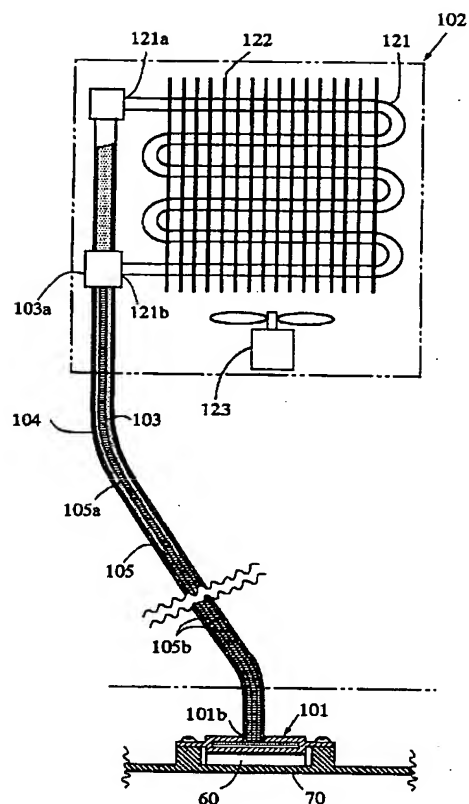
【符号の説明】

1、101、201	気化器
1a、201a	冷媒入口
1b、101b、201b	冷媒出口
2、102、202	凝縮器
21、121、221	流路（水平パイプ）
21a、121a、221a	流入部
21b、121b、221b	流出部
22、122	垂直フィン
221c	巻回部
224	スターリング冷凍機
224a	吸熱部
3、103、203	液体流路
4、104、204	蒸気流路
5、105、205	冷媒
5a、105a、205a	冷媒蒸気
5b、105b、205b	液化冷媒
60	CPU

【図 1】



【図 2】



(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

FI

F 2 8 D 15/02

F 2 8 D 15/02

101 J

G O 6 F 1/20

H O 5 K 7/20

Q

H O 1 L 23/427

G O 6 F 1/00

360 C

H O 5 K 7/20

H O 1 L 23/46

A.



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**